

试卷类型：A

潍坊市高考模拟考试

物理

2021.4

注意事项：

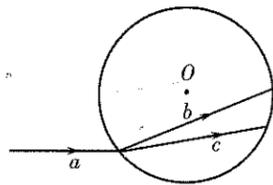
1. 本试卷分为选择题和非选择题两部分，考试时间 90 分钟，满分 100 分。
2. 答题前，考生务必将自己的姓名、考生号、座号等填写在答题卡指定位置。
3. 回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，请按照题号在答题卡上各题目的答题区域内作答，超出答题区域书写的答案无效。

一、单项选择题：本题共 8 小题，每小题 3 分，共 24 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. 一复色光  $a$  沿如图所示方向从空气射向玻璃球，在球内分为  $b$ 、 $c$  两束， $O$  为球心。

下列判断正确的是

- A.  $c$  光在球中的传播时间长
- B.  $b$  光在球中传播速度小
- C.  $b$  光的频率小于  $c$  光
- D. 增大  $a$  光入射角， $b$  光可能在玻璃球内发生全反射

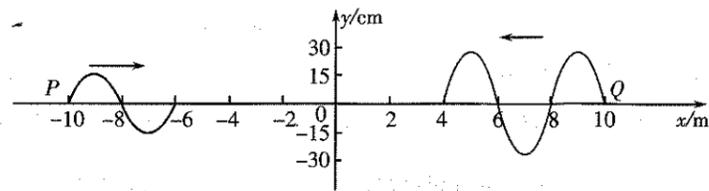


2. 2020 年 12 月 4 日，我国新一代“人造太阳”——中国环流器二号 M 装置在成都建成并实现发电，标志着我国在核聚变反应堆建设中处于世界前列。中国环流器二号 M 装置内主要核反应是  ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{X}$ ，已知氦核的比结合能是  $1.09\text{MeV}$ 、氘核的比结合能是  $2.78\text{MeV}$ 、氚核的比结合能是  $7.03\text{MeV}$ ，该聚变反应中

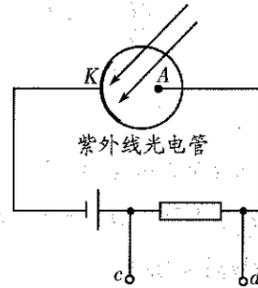
- A. X 为质子
- B. X 为电子
- C. 一次反应释放的核能为  $3.16\text{MeV}$
- D. 一次反应释放的核能为  $17.6\text{MeV}$

3. 一根长  $20\text{m}$  的软绳拉直后放在光滑水平地板上，以绳的中点为坐标原点，沿绳方向为  $x$  轴，水平面内垂直  $x$  轴方向为  $y$  轴，建立图示坐标系。两人分别在绳两端  $P$ 、 $Q$  沿  $y$  轴方向持续有节奏地抖动绳，在绳上形成两列振幅分别为  $15\text{cm}$ 、 $30\text{cm}$  的相向传播的绳波，某时刻的波形如图所示。下列判断正确的是

高三物理 第 1 页 (共 8 页)

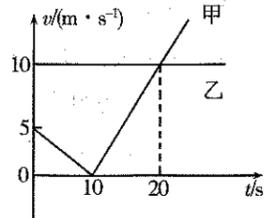


- A.  $P$ 、 $Q$  点此时振动方向相反
  - B. 两人同时开始抖动
  - C. 经过足够长时间， $O$  点振幅为  $15\text{cm}$
  - D. 经过足够长时间，除  $P$ 、 $Q$  点外绳上有 9 个振动最强点
4. 如图所示，是某种火灾报警装置的工作电路图，它的核心部件为紫外线光电管，其中  $A$  为阳极， $K$  为阴极，发生火灾时  $c$ 、 $d$  端有输出电压实施报警。已知地表附近太阳光中紫外线光子能量介于  $3.1 \sim 3.9\text{eV}$  之间，明火中的紫外线光子能量介于  $4.4 \sim 6.2\text{eV}$  之间。几种金属单质的逸出功如下表所示，若光电管阴极材料  $K$  选用金属铝，则下列说法正确的是



金属单质	钾	钠	锌	铝
逸出功/eV	2.25	2.29	3.38	4.21

- A. 太阳光照射时  $c$ 、 $d$  端有输出电压
  - B. 明火照射时  $c$ 、 $d$  端有输出电压
  - C. 若阴极  $K$  材料选用金属锌，能实现有效报警
  - D. 明火中紫外线波长越长，光电子的最大初动能越大
5. 甲、乙两汽车沿同一平直公路同向行驶的  $v-t$  图像如图所示， $t = 10\text{s}$  时两车恰好相遇。下列分析正确的是

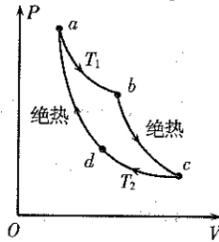


- A. 甲车的加速度大小为  $0.5\text{m/s}^2$
- B.  $t = 0$  时，乙在甲前方  $5\text{m}$  处
- C.  $t = 0$  时，甲在乙前方  $125\text{m}$  处
- D. 甲追乙时，追上前甲乙间最大距离为  $50\text{m}$

高三物理 第 2 页 (共 8 页)

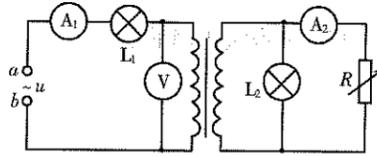
6. 如图所示, 一定质量的理想气体从状态  $a$  依次经过状态  $b$ 、 $c$  和  $d$  再回到状态  $a$  的过程,  $a \rightarrow b$  是温度为  $T_1$  的等温过程,  $c \rightarrow d$  是温度为  $T_2$  的等温过程,  $b \rightarrow c$  和  $d \rightarrow a$  为绝热过程 (气体与外界无热量交换), 这就是著名的“卡诺循环”。卡诺循环构建了从单一热源吸收热量用来做功的理想过程, 符合卡诺循环的热机的效率为  $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ 。下列说法正确的是

- A.  $a \rightarrow b$  过程气体对外界做功且吸收热量  
 B.  $b \rightarrow c$  过程气体对外做的功小于气体内能的减少量  
 C.  $c \rightarrow d$  过程单位时间内碰撞器壁单位面积的分子数减少  
 D. 由卡诺循环可知热机效率可能达到 100%



7. 图中  $L_1$ 、 $L_2$  是规格为“4V 3W”的灯泡,  $a$ 、 $b$  端所接的交变电压  $u = 16\sqrt{2}\sin 100\pi t$  (V), 现调节电阻箱  $R$  为某一值时恰好能使两个灯泡均正常发光。已知变压器为理想变压器, 电表均为理想电表。则

- A. 原副线圈匝数比为 4:1  
 B. 电流表  $A_1$  示数为 2.25A  
 C. 电流表  $A_2$  示数为 1.5A  
 D. 增大电阻箱  $R$  连入电路的阻值两灯泡均变暗

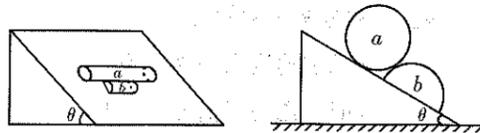


8. 中国首个火星探测器“天问一号”, 已于 2021 年 2 月 10 日成功环绕火星运动。若火星和地球可认为在同一平面内绕太阳同方向做圆周运动, 运行过程中火星与地球最近时相距  $R_0$ 、最远时相距  $5R_0$ , 则两者从相距最近到相距最远需经过的最短时间约为
- A. 365 天      B. 400 天      C. 670 天      D. 800 天

二、多项选择题: 本题共 4 小题, 每小题 4 分, 共 16 分。在每小题给出的四个选项中, 有多项符合题目要求。全部选对的得 4 分, 选对但不全的得 2 分, 有选错的得 0 分。

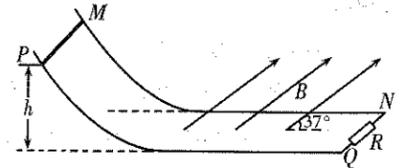
9. 如图所示, 某工厂将圆柱形工件  $a$  放在倾角为  $\theta$  的斜面上, 为防止工件滚动, 在其下方垫一段半径与  $a$  相同的半圆柱体  $b$ 。若逐渐减小斜面倾角,  $a$ 、 $b$  始终处于静止状态, 不计  $a$  与接触面的摩擦,  $b$  的质量很小。则

- A. 斜面对  $a$  的弹力变大  
 B. 斜面对  $a$  的弹力先变大后变小  
 C.  $b$  对  $a$  的弹力逐渐变小  
 D.  $b$  对  $a$  的弹力不变



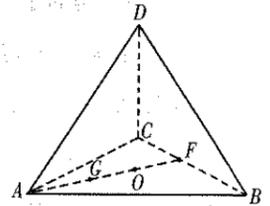
10. 如图所示,  $MN$  和  $PQ$  是两根电阻不计的光滑平行金属导轨, 间距为  $L$ , 导轨水平部分处在磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场中, 磁场方向与水平导轨平面夹角为  $37^\circ$ , 导轨右端接一阻值为  $R$  的定值电阻, 质量为  $m$ 、长度为  $L$  的金属棒, 垂直导轨放置, 从导轨左端  $h$  高处静止释放, 进入磁场后运动一段距离停止。已知金属棒电阻为  $R$ , 与导轨间接触良好, 且始终与磁场垂直,  $\sin 37^\circ = 0.6$ ,  $\cos 37^\circ = 0.8$ , 则金属棒进入磁场区域后

- A. 定值电阻两端的最大电压为  $\frac{BL\sqrt{2gh}}{2}$   
 B. 金属棒在水平导轨上运动时对导轨的压力越来越大  
 C. 金属棒在磁场中运动的距离为  $\frac{2mR\sqrt{2gh}}{B^2L^2}$   
 D. 定值电阻  $R$  产生的焦耳热为  $\frac{1}{2}mgh$

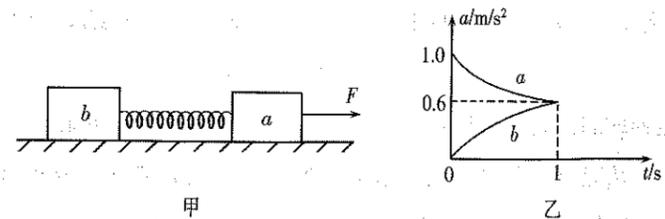


11. 如图所示, 处在匀强电场中的正三棱锥  $ABCD$ ,  $O$  点为其底面  $ABC$  的中心,  $F$  为  $BC$  棱的中点,  $G$  点和  $F$  点关于  $O$  点对称, 在三棱锥的  $A$  点固定一正点电荷, 则  $O$  点场强变为零, 则关于各点场强大小和电势高低, 下列判断正确的是

- A.  $E_C = E_F$   
 B.  $E_B = E_D$   
 C.  $\varphi_B > \varphi_D$   
 D.  $\varphi_C > \varphi_F$



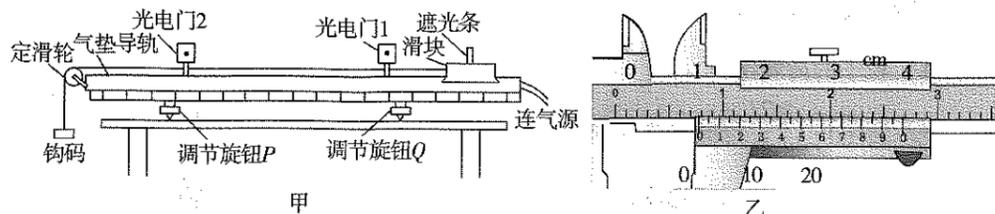
12. 物块  $a$ 、 $b$  中间用一根轻质弹簧相连, 放在光滑水平面上, 物体  $a$  的质量为 1.2kg, 如图甲所示。开始时两物块均静止, 弹簧处于原长,  $t=0$  时对物块  $a$  施加水平向右的恒力  $F$ ,  $t=1s$  时撤去, 在  $0 \sim 1s$  内两物体的加速度随时间变化的情况如图乙所示。弹簧始终处于弹性限度内, 整个运动过程中以下分析正确的是



- A.  $t=1s$  时  $a$  的速度大小为 0.8m/s      B.  $t=1s$  时弹簧伸长量最大  
 C.  $b$  物体的质量为 0.8kg      D. 弹簧伸长量最大时,  $a$  的速度大小为 0.6m/s

三、非选择题：本题共6小题，共60分。

13. (6分) 某实验小组利用图甲所示装置验证机械能守恒定律，气垫导轨上有平行于导轨的标尺，在导轨上架设两个光电门1、2，滑块上侧固定一竖直遮光条，滑块左侧所挂细线绕过定滑轮与钩码相连，细线与导轨平行，光电门1固定，其中心与标尺的0刻度线对齐。实验操作如下：

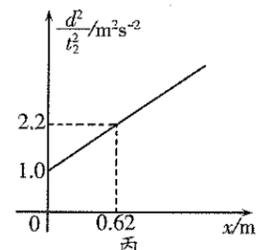


- (1) 用游标卡尺测得遮光条的宽度如图乙所示，则遮光条的宽度为\_\_\_\_\_ mm。  
 (2) 滑块不挂细线、钩码，接通气源后，给滑块一个向左的初速度，使它从导轨右端向左运动，通过调整气垫导轨的调节旋钮P、Q，直到使滑块经过光电门1、2时遮光时间相等。

- (3) 在滑块上挂上细线与钩码，接通气源，将滑块从导轨右端由静止释放，由数字计时器读出遮光条通过光电门1、2的时间分别为 $t_1$ 、 $t_2$ ，由标尺读出光电门2中心所在位置的刻度 $x$ 。

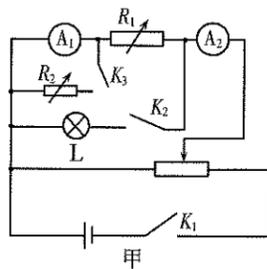
- (4) 用天平测出滑块和遮光条的总质量 $M$ 及钩码质量 $m$ ，遮光条的宽度用 $d$ 表示，重力加速度为 $g$ ，滑块运动过程中钩码始终未着地。用以上物理量写出验证机械能守恒定律的关系式\_\_\_\_\_。

- (5) 多次改变光电门2的位置，重复(3)的步骤，实验中， $M=0.9\text{ kg}$ ， $m=0.1\text{ kg}$ ，利用所测数据，做出 $\frac{d^2}{t_2^2}-x$ 关系图像如图丙所示，则当地重力加速度大小为\_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$  (结果保留三位有效数字)。



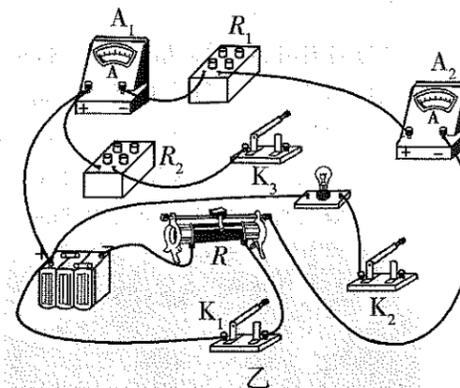
14. (8分) 某同学要描绘“2.5V 1.5W”小灯泡的 $U-I$ 特性曲线，实验室提供的器材有：

- 电流表甲 (量程0.6A、内阻约几欧)；  
 电流表乙 (量程5mA、内阻约十几欧)；  
 滑动变阻器 $R$  (最大阻值50 $\Omega$ )；  
 电阻箱丙 (最大阻值99.9 $\Omega$ )；  
 电阻箱丁 (最大阻值999.9 $\Omega$ )；  
 电源 $E$  (电动势3V，内阻2 $\Omega$ )；  
 开关、导线若干。



该同学设计了如图甲所示电路图，首先测量其中一个电流表内阻并改装为量程为3V的电压表，再用它完成描绘小灯泡伏安特性曲线的实验。实验步骤如下：

- ①按照电路图连接电路， $K_2$ 、 $K_3$ 保持断开，使 $R_1$ 处在电阻最大处，变阻器触头处在最右端，闭合开关 $K_1$ ，调节 $R_1$ 使电流表 $A_1$ 满偏；  
 ②保持 $R_1$ 及滑动变阻器触头位置不变，将开关 $K_3$ 闭合，调节电阻箱 $R_2$ 使电流表 $A_1$ 半偏，记下此时电阻箱 $R_2$ 示数为11 $\Omega$ ，断开开关 $K_3$ ；  
 ③根据所测数据调整电阻箱 $R_1$ 阻值至合适的值，将 $A_1$ 改装成量程为3V的电压表；



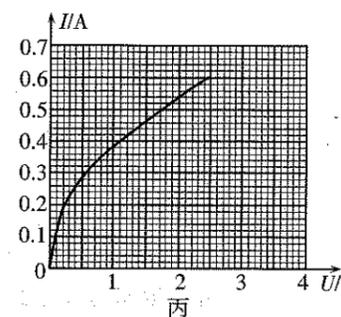
- ④闭合开关 $K_2$ ，改变滑动变阻器触头位置，读出改装后电压表示数 $U$ 及电流表 $A_2$ 的示数 $I$ ，作出小灯泡的 $U-I$ 特性曲线如图丙所示。

- (1) 请用笔画线代替导线将实物图乙连接完整。

- (2) 电流表 $A_1$ 应选用\_\_\_\_\_ (填“甲”或“乙”)，电阻箱 $R_2$ 应选用\_\_\_\_\_ (填“丙”或“丁”)。

- (3) 步骤③中，改装为3V电压表时，电阻箱 $R_1$ 应调至\_\_\_\_\_  $\Omega$ 。

- (4) 若将两个这样的小灯泡串联后直接接在实验提供的电源上，每个灯泡的实际功率为\_\_\_\_\_ W。

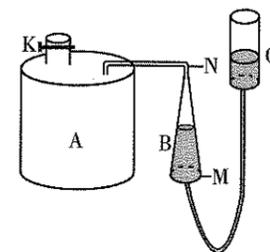


15. (8分) 如图所示，是一种测量形状不规则颗粒物实际体积的装置，其中容器A的容积为 $V_A=300\text{ cm}^3$ ， $K$ 是连通大气的阀门，水银槽C通过橡皮管与玻璃容器B相通，B的容积 $V_B=120\text{ cm}^3$ ，连通A、B的玻璃管很细，其容积可忽略。下面是测量过程：

- ①打开 $K$ ，移动C，使B中水银面下降到底部M；②关闭 $K$ ，缓慢提升C，使B中水银面升到顶端N，量出C的水银面比N高 $h_1=30\text{ cm}$ ；③打开 $K$ ，在A中装入待测颗粒，移动C，使B内水银面下降到底部M处；④关闭 $K$ ，提升C，使B内水银面升到顶端N，量出C中水银面比N高 $h_2=75\text{ cm}$ 。

整个过程中温度不变，求：

- (1) 当时的大气压强；  
 (2) A中待测颗粒的实际体积。

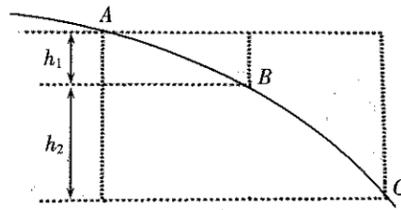


16. (8分) 北京2022年冬奥会国家跳台滑雪赛道如图甲所示, 某运动员在空中运动的轨迹如图乙所示, 在轨迹上取三个点A、B、C, 测得三点间的高度差和水平间距分别为  $h_1 = 12.8\text{m}$ 、 $h_2 = 27.2\text{m}$ 、 $x_{AB} = x_{BC} = 36\text{m}$ 。运动员落到倾角为  $23^\circ$  的滑道上时, 速度方向与滑道成  $30^\circ$  角, 然后用  $2\text{s}$  时间完成屈膝缓冲后下滑。若空气阻力、滑道摩擦均不计, 运动员连同装备质量为  $60\text{kg}$ ,  $g$  取  $10\text{m/s}^2$ ,  $\sin 53^\circ = 0.8$ ,  $\cos 53^\circ = 0.6$ ,  $\sin 23^\circ = 0.39$ ,  $\cos 23^\circ = 0.92$ 。求:

- (1) 运动员在空中运动的水平速度;
- (2) 屈膝缓冲过程中运动员受到的平均冲力。



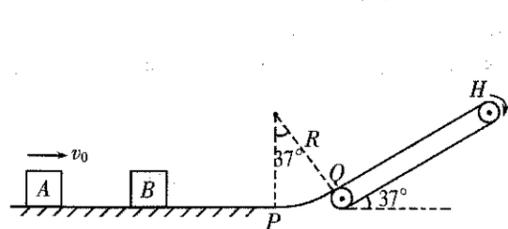
甲



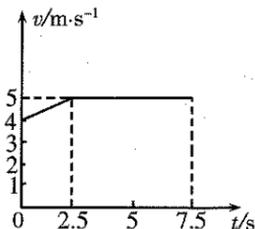
乙

17. (14分) 如图甲所示, 在同一竖直面内, 光滑水平面与倾角为  $37^\circ$  的传送带中间, 有一段半径  $R = 2.25\text{m}$  的光滑圆轨道, 其两端分别与水平面及传送带相切于P、Q点, 开始时滑块B静止, 滑块A以速度  $v_0$  向B运动, A与B发生弹性碰撞, B通过圆轨道滑上顺时针匀速转动的传送带。已知滑块B滑上传送带后的  $v-t$  图象如图乙所示,  $t = 7.5\text{s}$  时B离开传送带的上端H点, 滑块A的质量  $M = 2\text{kg}$ , 滑块B的质量  $m = 1\text{kg}$ , 取重力加速度  $g = 10\text{m/s}^2$ ,  $\sin 37^\circ = 0.6$ ,  $\cos 37^\circ = 0.8$ 。求:

- (1) 碰撞后滑块B的速度;
- (2) 滑块B经Q点时对圆轨道的压力;
- (3) 滑块A的速度  $v_0$ ;
- (4) 若传送带的动力系统机械效率为  $80\%$ , 则因运送滑块B需要多消耗的能量。



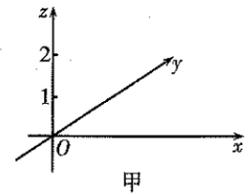
甲



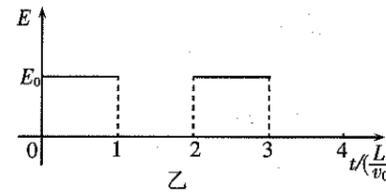
乙

18. (16分) 如图甲所示, 在  $O-xyz$  三维坐标系的空间内有平行  $z$  轴向上且交替变化的匀强电场、匀强磁场, 电场、磁场随时间变化的规律分别如图乙、丙所示,  $t = 0$  时, 一带正电的粒子以初速度  $v_0$  从  $O$  点沿  $x$  轴正方向射入, 在  $t = \frac{L}{v_0}$  时粒子恰经过点  $P(L, 0, L)$  (图中未画出)。已知电场强度大小为  $E_0$ , 磁感应强度大小为  $\frac{3\pi E_0}{2v_0}$ , 粒子重力不计, 求:

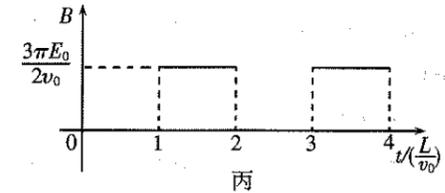
- (1) 粒子的荷质比;
- (2) 粒子在  $t = \frac{2L}{v_0}$  时的位置坐标;
- (3) 粒子在  $t = \frac{3L}{v_0}$  时的速度;
- (4)  $t = \frac{nL}{v_0}$  ( $n$  为整数) 时, 粒子所处位置的  $z$  轴坐标值  $z_n$ 。



甲



乙



丙

## 高三物理参考答案及评分标准

2021.4

一、选择题：本题共 8 小题，每小题 3 分，共 24 分。每小题给出的四个选项中，只有一个选项是最符合题目要求的。

1. B    2. D    3. D    4. B    5. D    6. A    7. C    8. B

二、选择题：本题共 4 小题，每小题 4 分，共 16 分。每小题给出的四个选项中，有的只有一个选项正确，有的有多个选项正确，全部选对的得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分。

9. AC    10. BD    11. CD    12. CD

三、非选择题：本题共 6 小题，共 60 分。

13. (1) 7.75 (2 分)

$$(4) mgx = \frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d^2}{t_2^2} - \frac{d^2}{t_1^2}\right) \quad (2 \text{ 分})$$

(5) 9.68 (2 分)

14. (1) 如图所示 (2 分)

(2) 乙 (1 分)    丙 (1 分)

(3) 589 (2 分)

(4) 0.44 (2 分)

15. 解：(1) 以容器 A、B 中气体为研究对象

根据玻意耳定律得  $P_0(V_A + V_B) = (P_0 + h_1)V_A$  (2 分)

解得  $P_0 = 75 \text{ cmHg}$  (2 分)

(2) 设 A 容器中待测颗粒的实际体积为 V，以 AB 中气体为研究对象

初态时  $V_1 = V_A + V_B - V$  (1 分)

末态时  $P_2 = (P_0 + h_2) \text{ cmHg}$  (1 分)     $V_2 = V_A - V$

根据玻意耳定律得  $P_0 V_1 = P_2 V_2$  (1 分)

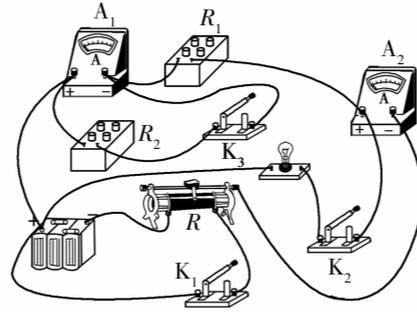
解得  $V = 180 \text{ cm}^3$  (1 分)

16. 解：(1) 运动员从 A 到 B、从 B 到 C 时间相等，设时间间隔为 T，

则  $h_2 - h_1 = gT^2$  (1 分)

$v_0 T = x_{AB}$  (1 分)

解得  $v_0 = 30 \text{ m/s}$  (2 分)



(2) 由题意得，落地时速度与水平方向的夹角为  $53^\circ$

速度关系  $\cos 53^\circ = \frac{v_0}{v}$  (1 分)

垂直轨道方向由动量定理有  $(F - mg \cos 23^\circ)t = 0 - mv \sin 30^\circ$  (2 分)

解得  $F = 1302 \text{ N}$  (1 分)

17. (1) 设 A、B 碰撞后 B 的速度为  $v_2$ ，到达 Q 点时速度为  $v_3$ ，由图像可得  $v_3 = 4 \text{ m/s}$ ，PQ 过程

由动能定理有  $-mg(R - R \cos 37^\circ) = \frac{1}{2}mv_3^2 - \frac{1}{2}mv_2^2$  (2 分)

解得  $v_2 = 5 \text{ m/s}$  (1 分)

(2) B 在 Q 点时，由牛顿第二定律得  $F - mg \cos 37^\circ = m \frac{v_3^2}{R}$  (1 分)

解得  $F = 15.1 \text{ N}$  (1 分)

根据牛顿第三定律 C 对轨道的压力大小为 15.1 N，方向沿半径向下 (1 分)

(3) 设 A、B 碰后 A 的速度为  $v_1$ ，B 的速度为  $v_2$

由动量守恒  $Mv_0 = Mv_1 + mv_2$  (1 分)

机械能守恒： $\frac{1}{2}Mv_0^2 = \frac{1}{2}Mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$  (1 分)

解得  $v_0 = 3.75 \text{ m/s}$  (1 分)

(4) 由 v-t 图象可得，传送带的速度  $v_4 = 5 \text{ m/s}$

传送带从 Q 到 H 的长度  $x = 36.25 \text{ m}$  (1 分)

物体在传送带上滑动的相对距离为  $\Delta x = 1.25 \text{ m}$  (1 分)

设物体在传送带上的加速度为 a，设传送带摩擦因数为  $\mu$ ，

则  $\mu mg \cos 37^\circ - mg \sin 37^\circ = ma$  (1 分)

由功能关系有  $E\eta = \frac{1}{2}m(v_4^2 - v_3^2) + mgx \cdot \sin 37^\circ + \mu mg \cos 37^\circ \cdot \Delta x$  (1 分)

解得  $E = 287.5 \text{ J}$  (1 分)

18. 解：(1) 粒子在  $0 \sim \frac{L}{v_0}$  时间内在 xoz 平面内做类平抛运动，x 方向： $x = v_0 t_1 = L$

故粒子在  $t_1 = \frac{L}{v_0}$  时刻经过 P 点，z 轴方向： $L = \frac{1}{2}at_1^2$  (1 分)

$E_0 q = ma$  (1 分)

解得： $\frac{q}{m} = \frac{2v_0^2}{E_0 L}$  (1 分)

(2) 粒子经过  $P$  点时沿  $z$  轴速度大小为  $v_z, v_z = at_1 = 2v_0$  (1分)

在磁场区域沿  $z$  轴方向匀速运动, 在  $xoy$  平面内做匀速圆

周运动, 设圆周运动半径为  $R$ , 由  $qBv_0 = m \frac{v_0^2}{R}$  (1分)

圆周运动的周期:  $T = \frac{2\pi R}{v_0}$  (1分)

粒子经时间  $t_2 = \frac{L}{v_0}$ , 沿  $z$  轴运动的距离  $z_2 = v_z t_2 = 2L$  (1分)

圆周运动转过的圆心角为  $\alpha = \frac{t_2}{T} \times 2\pi = 3\pi$

故粒子在  $xOy$  平面内沿  $y$  轴方向运动的距离  $d = 2R = \frac{2L}{3\pi}$  (1分)

粒子在  $\frac{2L}{v_0}$  时的位置坐标为  $(L, -\frac{2L}{3\pi}, 3L)$  (1分)

(3) 粒子再次在电场中运动, 沿  $z$  轴的初速度为  $v_z = 2v_0$

沿  $x$  轴负方向的速度  $v_x = v_0$

在  $xoz$  平面内做类斜抛运动, 沿坐标轴方向分解:

沿  $x$  轴负方向匀速运动,  $L = v_0 t_3$

沿  $z$  轴正方向匀加速运动,  $v_z' = v_z + at_3 = 4v_0$  (1分)

速度大小为  $v, v = \sqrt{v_0^2 + v_z'^2} = \sqrt{17}v_0$  (1分)

速度方向在  $xoz$  平面内与  $z$  轴正方向成夹角  $\theta, \tan\theta = \frac{v_0}{v_z'} = \frac{1}{4}$  (1分)

(4) 粒子在有电场时沿  $z$  轴匀加速运动, 第 1、3、5……个单位时间内沿  $z$  轴方向前进位移为  $L, 3L, 5L, \dots$  (1分)

在有磁场存在时, 沿  $z$  轴匀速运动, 第 2、4、6……个单位时间内沿  $z$  轴方向前进位移分别为  $2L, 4L, 6L, \dots$  (1分)

则粒子在  $n \frac{L}{v_0}$  的时间内沿  $z$  方向位移

$z_n = L + 2L + 3L + 4L + \dots + nL$  (1分)

故  $z_n = \frac{n(1+n)L}{2}$  (1分)

